

日 本 国 特 許 庁

JAPAN PATENT OFFICE

23.04.03

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 9月24日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-277802

[ST.10/C]:

[JP2002-277802]

出 願 人

Applicant(s):

JFEスチール株式会社

REC'D 20 JUN 2003

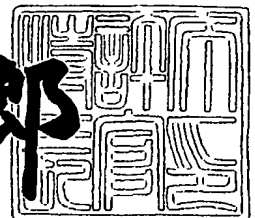
WIPO PCT

**PRIORITY  
DOCUMENT**SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2003年 6月 2日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3042106

BEST AVAILABLE COPY

【書類名】 特許願

【整理番号】 02J00750

【提出日】 平成14年 9月24日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 B23K 31/00

【発明者】

    【住所又は居所】 千葉県千葉市中央区川崎町1番地 川崎製鉄株式会社  
                                技術研究所内

    【氏名】 児玉 俊文

【発明者】

    【住所又は居所】 千葉県千葉市中央区川崎町1番地 川崎製鉄株式会社  
                                技術研究所内

    【氏名】 鈴木 平

【発明者】

    【住所又は居所】 愛知県半田市川崎町一丁目1番地 川崎製鉄株式会社  
                                技術研究所内

    【氏名】 岡部 能知

【発明者】

    【住所又は居所】 愛知県半田市川崎町一丁目1番地 川崎製鉄株式会社  
                                知多製造部内

    【氏名】 竹村 泰昌

【特許出願人】

    【識別番号】 000001258

    【氏名又は名称】 川崎製鉄株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100080458

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 高矢 諭

【選任した代理人】

【識別番号】 100076129

【弁理士】

【氏名又は名称】 松山 圭佑

【選任した代理人】

【識別番号】 100089015

【弁理士】

【氏名又は名称】 牧野 剛博

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 006943

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9803081

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 電縫溶接管のビード形状検出方法および検出装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電縫溶接管の溶接部にスリット光を照射あるいは点状光を走査し、溶接部表面に照射されたスリット光の像あるいは走査された点状光の軌跡の像を前記スリット光の照射方向と異なる角度から撮像手段により撮像して得られる画像に所定の画像処理を施す光切断法により該電縫溶接管のビード形状を検出する電縫溶接管のビード形状検出方法において、

電縫溶接管のプロフィールから所定の算出式により仮のビード頂点の座標を算出し、

該電縫溶接管のプロフィールを 2 次関数で近似して第 1 の近似曲線を求め、

該電縫溶接管のプロフィールと前記第 1 の近似曲線との前記仮のビード頂点を挟んだ 2 つの交点の座標を算出し、

前記仮のビード頂点の座標と前記仮のビード頂点を挟んだ 2 つの交点の座標とから所定の算出式によりビードの仮の存在範囲を算出し、

前記電縫溶接管のプロフィールから前記ビードの仮の存在範囲を除いた素管部形状を 2 次以上の偶数次多項式で近似して第 2 の近似曲線を求め、

前記電縫溶接管のプロフィールと前記第 2 の近似曲線の偏差が所定の閾値より大となる領域のうちで、前記仮のビード頂点の座標を含む領域をビードとして特定することを特徴とする、電縫溶接管のビード形状検出方法。

【請求項 2】

電縫溶接管の溶接部にある角度を以ってスリット光を照射あるいは点状光を走査する投光手段と、

前記投光手段が溶接部に照射された像を、前記ある角度と異なる角度から撮像する撮像手段と、

前記撮像手段により得られる画像に所定の画像処理を施すことにより該電縫溶接管のプロフィールを算出するプロフィール算出手段と、

該電縫溶接管のプロフィールから所定の算出式により仮のビード頂点の座標を

算出する仮頂点算出手段と、

該電縫溶接管のプロフィールを2次関数として所定の回帰式により近似する第1の回帰演算手段と、

前記第1の回帰演算手段の出力と、前記プロフィール算出手段の出力とから前記仮のビード頂点を挟んだ2つの交点の座標を算出する交点算出手段と、

前記交点の座標と前記仮のビード頂点の座標とから所定の算出式によりビードの仮の存在範囲を算出する第1の範囲算出手段と、

前記のようにして算出したビードの仮の存在範囲を除いた範囲の電縫溶接管のプロフィールを2次以上の偶数次多項式で近似する第2の回帰演算手段と、

前記第2の回帰演算手段の出力と前記電縫溶接管のプロフィールとの偏差が所定の閾値より大となる領域のうちで、前記仮のビード頂点の座標を含むものを溶接ビードの範囲として出力する第2の範囲算出手段と、

を備えたことを特徴とする、電縫溶接管のビード形状検出装置。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

##### 【発明の属する技術分野】

本発明は電縫溶接管の溶接ビード形状の検出方法および検出装置に関する。なお、本発明にいうビード形状はビード位置をも含む意味とする。

##### 【0002】

##### 【従来の技術】

一般に、電縫溶接管（以下、本文中では略して「電縫管」と称している箇所がある）、例えば電縫鋼管は、鋼帯等の金属帯（金属板を含む）を管状に成型しながら長手方向に搬送し、該鋼帯等の金属帯の両幅端を高周波誘導加熱圧接や抵抗加熱圧接等の手段で長手方向に連続的に突き合わせ溶接することによって製造されている。

##### 【0003】

この電縫管の溶接部には、圧接による盛り上がり、すなわち溶接ビード（以下、略して「ビード」と称している箇所もある）が管内外面に生じる。このビードは管製造の過程で切削されるものの、このビードの切削前の盛り上がり形状（幅

、高さ等)が最終製品段階での溶接部強度と関係を持つことが従来より知られている。このため、従来より溶接工程において作業員が溶接後のビードを目で見ながら溶接電流等を調節しているが、このような作業形態では適切とされるビードの形状が作業員のそのときの主観に委ねられることから、作業員間での差異や時間的なばらつきが発生し、普遍性、再現性が低下するという問題があった。このため、種々の方法によってビードを自動検知する試みがなされている。従来の鋼管溶接ビード検出方法あるいは装置に関する発明は、機械的方法、渦流センサーを用いた方法、光学的方法などが提案されている。

【0004】

【特許文献1】

特公昭59-2593号公報

【0005】

【特許文献2】

特開2000-176642号公報

【0006】

【特許文献3】

特開平5-133940号公報

【0007】

【特許文献4】

特開平5-18904号公報

【0008】

【特許文献5】

特開平9-72851号公報

【0009】

【特許文献6】

特開昭60-135705号公報

【0010】

機械的方法としては、例えば特許文献1に、走行するパイプの外面溶接部の振れを接触式ローラーで検知する方法が提案されている。

## 【 0 0 1 1 】

また、渦流センサーを用いた方法としては、特許文献2において、同心円筒状に配置された送信コイルおよび受信コイルの内部で同心円の軸まわりを等速円運動する磁芯を設けた検出ヘッドを溶接ビード上方に立てて近接配置し、磁芯が溶接ビード上を通過する際の受信コイルのインピーダンス変化から磁芯の1回転あたり2回の通過タイミングを検出し、これらの通過タイミング相互間の所要時間を演算し比較することで、溶接ビード中心位置を検出する溶接ビードの中心位置検出方法が提案されている。

## 【 0 0 1 2 】

また、特許文献3においては、渦流センサーを略一方向に延在させる形で複数配置し、順次、励磁、被励磁、検出の役割を各渦流センサー間で切り換えていくことで被検体を走査し、検出波形からビード位置を検出する方法が提案されている。

## 【 0 0 1 3 】

また、光学的方法としては、特許文献4に開示されているような、管表面を撮像し、溶接部や母材部固有の信号波形特徴量を抽出して予め記憶してある特徴量と符号させることでそれらを識別する方法や、特許文献5に開示されているような、鋼管を周方向に回転させつつ管表面に扇状光を照射または点状光を走査した扇状光を照射しながらI T Vカメラ等により管表面を撮像し、その映像信号をノイズ除去、傾き等修正した画像に修正処理した後、該画像に基づいて円弧当てはめ法により円弧を当てはめた円弧画像と実画像との差分を求め、その差分データが予め設定したしきい値を超えた場合に溶接ビードと判断するとともに、同時にそのしきい値を超えている範囲の幅を予め設定した溶接ビード幅の許容範囲と符号させることで当該溶接ビード位置とする、鋼管の溶接ビード検出方法が提案されている。

## 【 0 0 1 4 】

また、特許文献6においては、一般的な溶接ビード位置および形状の自動測定技術として、溶接ビードを上面および側面から撮像し、撮像部からのアナログ画像情報を灰調レベルのデジタル情報に変換し、このデジタル画像情報に基づ

いて溶接ビードの幅および高さ等を検出するビード形状自動測定装置が提案されている。

【 0 0 1 5 】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、特許文献 1 に開示のような接触式ローラーによる方法の場合、ビードの高さが長手方向にほぼ一定でその凹凸が比較的急峻であることが必要であり、ビードの凹凸が非常に滑らかな場合やビードの高さが低い場合、ビードの高さが長手方向に一定でない場合などには正確な検出ができない。

【 0 0 1 6 】

また、特許文献 2 に開示の同心円筒状コイル内同心円運動磁心による方法の場合は、被検体である電縫管の搬送中にシームねじれ部が検出装置位置を通過したり、あるいは蛇行が発生した場合に被検体である電縫管と検出装置である同心円筒状コイルや同心円運動磁心との位置関係がずれてしまい、正確な溶接ビード位置の検出ができなくなる。

【 0 0 1 7 】

また、特許文献 3 に開示の励磁、被励磁および検出コイル略一方向複数配置法では、ビード以外に管表面に付着した異物や表面の凹凸などでも反応しやすいため誤検出を避けることが難しく、また電縫管のような各種のサイズのものを対象とする場合、それらの形状の違いに合わせて複数の検出ヘッドを用意せねばならず、装置の製作コストが増大する。

【 0 0 1 8 】

また、これらの渦流方式共通の問題として、位置検出を行った溶接ビードの形状を評価するには別途形状測定手段を設けねばならず、装置の製作コストが増大するという問題がある。

【 0 0 1 9 】

上記した種々の方法に比べ、特許文献 4 や、特許文献 5 に開示のような光学的方法では、非接触での検出が可能であり、ビードの位置検出だけでなく同一の装置構成でビード形状をも評価可能である等の利点がある。しかしながら、上記した従来の光学的方法においては、種々の問題があった。



## 【 0 0 2 0 】

即ち、特許文献 4 に開示の溶接部母材部特徴量抽出による方法においては、ビード部と他の部分（母材部：以降、素管部）の明るさの違いを検出する方法が主であるが、ビード部の明るさ（輝度）は溶接条件や素管の板厚に大きく依存するため、安定した検出が困難であるほか、特にビード部の輝度が低いとビードが識別できない場合がある、という問題があった。

## 【 0 0 2 1 】

また、特許文献 5 に開示の鋼管回転画像円弧当てはめによる方法では、鋼管を周方向に回転させる必要があるが、電縫鋼管の溶接段階では鋼管は母材である鋼帯と連続している場合が多く回転が不可能な問題があるほか、画像処理段階で 4 点のデータから 2 つの円弧を算出しているため、ノイズ処理を行ったとしても、一般に画像データに見られがちなぎざぎざ形状の影響を受けやすく、算出されるビード位置に誤差が発生しやすい問題もあり、さらに被検体である電縫管の真円度は悪い場合が少なくなく、2 点の垂直二等分線上に管の中心部が存在するという円の幾何学上の性質を利用するこの方法では検出誤差の発生を抑えるのに限界がある、という問題があった。

## 【 0 0 2 2 】

また、特許文献 6 のカメラ撮像方法においては、ビード位置の特定方法として 1 ライン分画像濃淡が急激に変化する点を探索するものとしているため、ビード部の輝度が低い場合や、素管部の表面性状によってはビード位置を特定できない場合があるという問題があった。

## 【 0 0 2 3 】

さらに、これらの検出方法の他に、特許文献 5 中に記載されているとおり、当業者によっては、光切断法や光学的距離計測法によってビード位置を含む鋼管表面のプロフィールを計測し、そのプロフィールデータを処理することによりビード位置を検出する方法が容易に想起される。しかし、この場合、プロフィールデータを処理する方法として、ビード部ではプロフィールに急激な変化が発生することを前提として何らかの微分処理を施すのが一般的であるが、近年の溶接技術の進歩でビードの立ち上がりは滑らかになってきている一方で、このような微分

処理では光学的なプロフィール計測で発生しやすい微小なノイズが強調されてしまい、ビード位置の検出が逆に困難になる。

【 0 0 2 4 】

この発明は、以上説明してきたような従来技術の問題を解決するべくなされたもので、スリット光あるいは点状光走査により検出される所謂光切断法による電縫管の形状データから、輝度やプロフィールデータのノイズの影響を受けることなくビード形状を正確に検出できる方法及び装置を提供することを目的とする。

【 0 0 2 5 】

【課題を解決するための手段】

即ち、請求項 1 の発明は、電縫溶接管の溶接部にスリット光を照射あるいは点状光を走査し、溶接部表面に照射されたスリット光の像あるいは走査された点状光の軌跡の像を前記スリット光の照射方向と異なる角度から撮像手段により撮像して得られる画像に所定の画像処理を施す光切断法により該電縫溶接管のビード形状を検出する電縫溶接管のビード形状検出方法において、電縫溶接管のプロフィールから所定の算出式により仮のビード頂点の座標を算出し、該電縫溶接管のプロフィールを 2 次関数で近似して第 1 の近似曲線を求め、該電縫溶接管のプロフィールと前記第 1 の近似曲線との前記仮のビード頂点を挟んだ 2 つの交点の座標を算出し、前記仮のビード頂点の座標と前記仮のビード頂点を挟んだ 2 つの交点の座標とから所定の算出式によりビードの仮の存在範囲を算出し、前記電縫溶接管のプロフィールから前記ビードの仮の存在範囲を除いた素管部形状を 2 次以上の偶数次多項式で近似して第 2 の近似曲線を求め、前記電縫溶接管のプロフィールと前記第 2 の近似曲線の偏差が所定の閾値より大となる領域のうちで、前記仮のビード頂点の座標を含む領域をビードとして特定することを特徴とする、電縫溶接管のビード形状検出方法であり、

請求項 2 の発明は、電縫溶接管の溶接部にある角度を以ってスリット光を照射あるいは点状光を走査する投光手段と、前記投光手段が溶接部に照射された像を、前記ある角度と異なる角度から撮像する撮像手段と、前記撮像手段により得られる画像に所定の画像処理を施すことにより該電縫溶接管のプロフィールを算出するプロフィール算出手段と、該電縫溶接管のプロフィールから所定の算出式に

より仮のビード頂点の座標を算出する仮頂点算出手段と、該電縫溶接管のプロフィールを2次関数として所定の回帰式により近似する第1の回帰演算手段と、前記第1の回帰演算手段の出力と、前記プロフィール算出手段の出力とから前記仮のビード頂点を挟んだ2つの交点の座標を算出する交点算出手段と、前記交点の座標と前記仮のビード頂点の座標とから所定の算出式によりビードの仮の存在範囲を算出する第1の範囲算出手段と、前記のようにして算出したビードの仮の存在範囲を除いた範囲の電縫溶接管のプロフィールを2次以上の偶数次多項式で近似する第2の回帰演算手段と、前記第2の回帰演算手段の出力と前記電縫溶接管のプロフィールとの偏差が所定の閾値より大となる領域のうちで、前記仮のビード頂点の座標を含むものを溶接ビードの範囲として出力する第2の範囲算出手段と、を備えたことを特徴とする、電縫溶接管のビード形状検出装置である。

【0026】

#### 【発明の実施の形態】

電縫管製造において、切削前の溶接ビードの幅は、管の外径の $1/10 \sim 1/5$ 程度であり、溶接ビードのある位置は予め概略知る事ができる。その理由は、一般的な電縫管製造ラインでは母材である鋼帯等の金属帯コイルの巻き出しから管の成型および溶接までは材料である金属帯が連続していて成型ロール等でその位置や向きが拘束されているため、管の水平方向の移動（パスラインの変動）、捻れ等が発生したとしても、それは高々ビード幅と同程度にしかないからである。ここにおいてビード部は管周上どの位置にあっても良いが、以下では簡便のため略頂上部付近にあるものとする。勿論この仮定によって一般性は何ら失われない。

【0027】

ここにおいて、ビード部を含み、ビード幅より十分広い範囲の管形状（以降、電縫溶接管のプロフィール）を適切な方法で検出し、検出された電縫溶接管のプロフィールを2次関数で近似すれば、その近似曲線は素管部だけでなく上に凸なビード部の形状を同時に近似しようとするため、素管部のプロフィールより上、ビード部の頂点部分より下を通る曲線となる。この曲線を第1の近似曲線とする。ここで、ビード部の概略の頂点位置 $X_c$ を別な手法で求め、その概略の頂点位

置から左右に探索して第1の近似曲線と電縫溶接管のプロフィールが交差する点  $X_l$ ,  $X_r$  を求め、 $X_l$ ,  $X_r$  および  $X_c$  の座標から概略のビード範囲  $R (X_l' \sim X_r')$  を求めることができる。

#### 【0028】

ここで、第1の近似曲線を2次関数に限定しているが、これは、管の形状はビード部の頂点に関して実質的に左右対称であるから偶数次多項式等の偶関数で近似すればよいところ、4次以上の多項式で近似した場合、近似曲線に変曲点が発生してビード部が強調されてしまい、素管部との交点算出に好ましくない影響が出るため、これを避けるというのがその理由である。

#### 【0029】

そして、幅方向座標 ( $X$ 座標) において  $R$  を除いた範囲のプロフィールを2次以上の偶数次多項式にて近似すれば、素管部形状をかなり良い精度で近似することができる。これを第2の近似曲線とする。

#### 【0030】

この根拠となるのは図9のグラフであり、これは楕円の上半分の曲線を2次、4次、6次、8次の多項式で回帰した場合の多項式の次数と近似誤差の  $RMS$  (二乗平均の平方根) の関係を表しており、2次以上の偶数次多項式、好適には4次以上の偶数次多項式により、楕円の形状を十分な精度で回帰できることを示す。

#### 【0031】

この性質を利用して、十分な精度で近似された素管部のプロフィールとビード部も含んだ電縫溶接管のプロフィールを比較して、その偏差がある閾値より大きくなる範囲のうち、ビード頂点の座標を含む領域を、ビードとして特定することができる。

#### 【0032】

以上の演算においては、近似曲線として多項式を用いたので、最小二乗法を用いれば、回帰演算は加算、乗算および行列演算のみで行うことができる。つまり、従来技術で問題であった真円の仮定や微分演算等を何ら用いないため、ノイズの影響を受けず、また、ノイズ除去のための移動平均や座標毎のノイズデータ除

去作業等の手間のかかる処理も不要である。

【0033】

【実施例】

以下、図面を参照しながら本発明の実施例について説明する。

【0034】

図1は、本発明にかかる電縫溶接管のビード検出装置の装置構成例を示す概略図である。図1において、200は電縫管、10は投光手段、20は撮像手段、30はプロフィール算出装置、40はプロフィールデータ処理装置、50は表示装置である。

【0035】

そして、図2はプロフィールデータ処理装置40の内部構成を示す構成図である。図2において、100は仮頂点算出回路、110は第1の回帰演算回路、120は交点算出回路、130は第1の範囲算出回路、140は第2の回帰演算回路、150は偏差算出回路、160は第2の範囲算出回路である。

【0036】

図1において、投光手段10としてはレーザーやランプ等の発光素子が放射する光をシリンドリカルレンズ等で線状に収束させたスリット光源か、照射位置で点状に収束するような光をミラー等で幅方向に走査するような走査点光源を用いればよいが、好適には半導体発光素子(LED)とレンズ系を一体にした小型のスリット光源を用いるのが望ましく、スリットの短辺幅も溶接ビードの高さに比べ十分小さいことが望ましく、好適には50 $\mu$ m以下であることが望ましい。最終的には被測定部位の形状は後述の光切断画像処理により1本の線として算出されるので、これは必須というわけではないが可及的に小さい方がよい。

【0037】

撮像手段20としては、ITVカメラや、PSD(光学的位置検出素子)を利用することができるが、後続の画像処理装置へのデータ変換のしやすさを考慮すると、CCDカメラを用いるのが好適である。また、図1では省略しているが、照射光を結像させるためのレンズ機構、受光光量を適切な範囲に調節する絞りやシャッター機構などは一般的に適切なものを選択して装着すればよい。ここで、

光源として点光源を走査させる方式を採用した場合には、少なくとも1回は幅方向の全範囲を走査する間照射しつづける必要があることはいうまでもない。この条件を満たし、かつ走査が完了する間に管およびビード形状が変化しなければ、採取された画像はスリット光の場合も点光源平面走査の場合も同等となるので、以下ではスリット光源の場合のみを説明する。

## 【0038】

光源である投光手段10からの入射角 $\alpha$ および撮像手段20の配置角度すなわち撮像角度 $\beta$ は、 $(\alpha + \beta)$ が略 $90^\circ$ であることが望ましく、撮像手段20であるカメラの画素数および視野は、ビード部の幅および必要な分解能に基づいて決定すればよい。本発明では光源からのスリット光照射角度 $\alpha = 60^\circ$ 、撮像角度 $\beta = 30^\circ$ 、視野の範囲を幅(横)×高さ(縦) =  $(25\text{ mm} \times 20\text{ mm})$ 、画素数は横×縦 =  $640 \times 480$ 画素を好適値として用いた。これにより、幅方向の分解能は、

$$25 / 640 = 0.0391 \text{ (mm)}$$

また、高さ方向の分解能は、

$$20 / 480 * \cos(60^\circ) / \sin(60^\circ + 30^\circ) = 0.0209 \text{ (mm)}$$

となり、本実施例においては、幅方向(管周方向)  $40\text{ }\mu\text{m}$ 、高さ方向(管軸方向)  $20\text{ }\mu\text{m}$ の分解能でビード形状を検出可能である。

## 【0039】

プロフィール算出装置30は、図3に例示するような管表面に写るスリット光の像を適切な画像処理手段により1本の線に変換し、さらに光源および撮像装置の配置から、すなわち照射角度 $\alpha$ や撮像角度 $\beta$ から幾何計算により、スリット光の像すなわち擬似的な断面プロフィールを管の肉厚断面方向の真のプロフィールすなわち電縫溶接管のプロフィールデータを算出するものである。ここにおいて画像処理手段としては一般に細線化処理を行うものを用いればよいが、好適には発明者らが先に特願2002-128497(出願時未公開)において提案した細線化処理手段を用いるのがよい。また、本発明の目的であるビード形状検出のためには管のプロフィールデータとしては簡単のため先述の幾何計算の部分を省略しても別段差支えない。

## 【0040】

次に、以下、プロフィールデータ処理装置40内部の各部について説明する。先述のようにしてスリット光の照射によってできる擬似的な断面プロフィール、あるいは電縫溶接管のプロフィール（共に細先化処理後のものとする）中、ビード部を横断する方向（幅方向）にX軸をとると、プロフィールはX座標に対応した高さのデータ群として表すことができる。

## 【0041】

ここにおいて、仮頂点算出回路100は、溶接ビードの頂点位置 $X_{c0}$ を算出するものであるから、たとえばプロフィールデータの荷重平均（重心位置）を算出するように構成すればよい。

## 【0042】

これは、ある幅方向（X軸方向）座標について、輝度とそれを示す画素の縦軸座標を掛け算した値を縦軸方向に加算していき、それを参与した画素数で割った平均値を求め、さらに他の幅方向（X軸方向）座標についても同じように平均値を求めて幅方向（X軸方向）にその平均値を連ねていき、さらにそれらの中から縦軸の最大値を示すX座標を求めるようにすることである。

## 【0043】

あるいはより簡単に、ある幅方向（X軸方向）座標について最大輝度を示す画素を、幅方向（X軸方向）に連ねていき、それらの中から縦軸の最大値を示すX座標を求めるようにしてもよい。

## 【0044】

また、第1の回帰演算回路110は、図4に示すようなプロフィールデータを2次関数で回帰するものであるので、公知な回帰演算、好適には最小2乗演算則を実施するように構成すればよい。この第1の回帰演算回路110がプロフィールデータを2次関数で近似した第1の近似曲線は図5に示すとおりである。

## 【0045】

ここで、図4では、縦軸の示すビードの高さとして相対値を使用している。この相対値とは、先述の通り、本発明の目的であるビード形状検出のためには電縫溶接管のプロフィールデータとして簡単のため幾何計算の部分を省略したものを

用いても別段差支えないことと関連し、幾何計算の部分を省略した値、という意味である（以下、同じ）。

【0046】

交点算出回路120は、図5に示すようにプロフィールデータと第1の近似曲線が交差する点のうち、頂点 $X_{c0}$ の左側、右側でそれぞれ最も近い2点を選び、それぞれ $X_l$ 、 $X_r$ とする。

【0047】

第1の範囲算出回路130は、交点算出回路120が算出した $X_l$ 、 $X_r$ と、頂点の値 $X_{c0}$ に基づいて、下記の素管部回帰に用いる座標の範囲を算出する。たとえば、頂点と交点の3:2外分点

$$X_{l'} = (3X_l - X_{c0}) / 2$$

$$X_{r'} = (3X_r - X_{c0}) / 2$$

により、 $R: x < X_{l'}, x > X_{r'}$

を算出するように構成すればよく、この外分比は例えば経験上平均的なビードの立ち上がりの滑らかさを考慮して適宜決めればよい。

【0048】

第2の回帰演算回路140は、前述のようにして算出された $x$ の範囲 $R$ において第1の回帰演算回路と同様な最小二乗多項式回帰演算を行うように構成すればよい。ただし、第2の回帰演算回路140においては算出する多項式の次数は2次以上の偶数次多項式であり、好適には4次以上の多項式となるように構成するのが望ましい。こうして第2の近似曲線が得られる。ところでこの第2の近似曲線は先程 $x$ の範囲 $R$ から外れた $X_{l'} \leq x \leq X_{r'}$ の領域にも補完的に延伸する。

【0049】

偏差算出回路150は、電縫溶接管のプロフィールデータの存在する $X$ 座標の全体（光切断画像として画像視野の中に捕らえることのできるという意味での全体）にわたって、前記の第2の回帰演算回路が出力する第2の近似曲線と、電縫溶接管のプロフィールデータとの偏差を算出するものであり、多項式演算回路と減算回路とで構成することができる。



## 【0050】

そして、第2の範囲算出回路160は上記の偏差算出回路150の出力が所定の閾値を超える範囲を算出し、この範囲のうちで頂点 $Xc0$ を含む部分をビードの仮の存在範囲として出力するもので、しきい値回路と比較回路とで構成することができる。

## 【0051】

以降、本実施例の動作について、データを用いて説明する。

## 【0052】

投光手段10から管表面にスリット光を照射し、撮像装置20によって撮像した光切断画像は図3のようであり、この光切断画像に対してプロフィール算出装置30が算出するビード部を含んだ電縫溶接管のプロフィールデータを細線化処理したものは図4のようになる。仮頂点算出回路100はこのプロフィールデータに対して最大値演算、あるいは加重平均（重心演算）等の手法により頂点を算出する。図4に記入した $Xc0$ は、このようにして算出したビードの頂点の位置である。

## 【0053】

第1の回帰演算回路110は、プロフィール全体の2次式による最小二乗回帰演算を行い、その結果、図5のような2次関数が出力され、同様に図5に記入した $X1$ 、 $Xr$ 、 $X1'$ 、 $Xr'$ は、交点算出回路120、範囲算出回路130がそれぞれ上で説明したように算出したX座標の位置である。

## 【0054】

第2の回帰演算回路140は、範囲算出回路130が設定したX座標の範囲についてプロフィールデータの第2の近似曲線を算出する。この実施例では回帰次数の好適例として4次で回帰するものとした。その結果得られた第2の近似曲線は図6の太線のようにになる。

## 【0055】

偏差算出回路150は、図6の太線と電縫溶接管のプロフィールデータとの偏差 $e(x)$ を算出し、その結果を図7のように求める。

## 【0056】

そして、第2の範囲算出回路160は、この偏差 $e(x)$ が予め設定したしきい値を超える範囲を探索し、そのうち、頂点座標 $Xc0$ を含む $X$ 座標の範囲を算出する。本実施例ではしきい値の好適例として0.05を用いた。その結果は図7に記入した矢印の範囲を示している。

## 【0057】

本発明の妥当性の確認のため、本実施例の装置と同一の投光手段および撮像手段の配置において光源の発光を止め、露光時間を長くしてビードを撮影した写真と、本発明によるビード形状の画像出力を比較してみることにした。結果は図8のようであるが、算出したビード形状（図8の下部に示す）とよく一致していることがわかる。

## 【0058】

以上説明した実施例において、プロフィール算出装置30およびプロフィールデータ処理装置40の内部構成回路の一部あるいは全部は、デジタルコンピュータ内のソフトウェアあるいはROM化プログラムとして実現してもよいことは当然である。また、本発明適用の対象は鋼管のみならず、銅、アルミ、その他の金属管であってももちろんよい。

## 【0059】

## 【発明の効果】

以上説明したように、本発明では管の回転等の大がかりな動作や微分等の複雑な演算処理を行うことなく、スリット光投光あるいは点光源走査による光切断法により検出される電縫溶接管の形状データから、形状の仮定や微分演算等を伴わない回帰演算によりビード形状を検出するようにしたので、ビードの輝度が変化した場合や素管部の真円度が低下したような場合でも確実にビード形状を検出することができる。また、非接触の光学的検出手段とデータ演算手段のみからビード形状を検出するので、客観性や再現性の高い検出が可能になる。更にビード形状を単に表示するだけでなく、その傾向を連続記録したり、また、特定されたビード形状の情報を利用して更に高度なビード形状解析に利用するなど、高度な操業に役立てることができるなど、優れた効果を奏する。

## 【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明にかかる電縫溶接管の溶接ビード検出装置の要部の構成を示す概略図

【図 2】

同じくプロフィールデータ処理装置を構成する演算回路群の構成を示すブロック図

【図 3】

同じく電縫管のビード付近の光切断画像の例を示す図

【図 4】

同じく電縫管のビード付近の光切断画像を細線化処理したプロフィールデータを示す図

【図 5】

同じく第 1 の回帰演算回路が出力する、プロフィールデータ全体に対する回帰演算で算出した 2 次関数の第 1 の近似曲線の様子を示す図

【図 6】

同じく第 2 の回帰演算回路が算出した、第 1 の範囲算出回路の範囲に対して最小 2 乗回帰演算の結果得られた 4 次関数の第 2 の近似曲線の様子を示す図

【図 7】

同じく偏差算出回路が算出した、前記の 4 次関数とプロフィールデータとの偏差  $e(x)$  のプロット図

【図 8】

本実施例と、同一光学系配置で溶接ビードの実体を撮影した写真を比較して示す図

【図 9】

楕円の上半分の曲線を 2 次、4 次、6 次、8 次の多項式で回帰した場合の多項式の次数と近似誤差の RMS（二乗平均の平方根）の関係を示した図

【符号の説明】

10…投光手段

20…撮像手段

30…プロフィール算出装置

4 0 … プロフィールデータ処理装置

1 0 0 … 仮頂点算出回路

1 1 0 … 第 1 の回帰演算回路

1 2 0 … 交点算出回路

1 3 0 … 第 1 の範囲算出回路

1 4 0 … 第 2 の回帰演算回路

1 5 0 … 偏差算出回路

1 6 0 … 第 2 の範囲算出回路

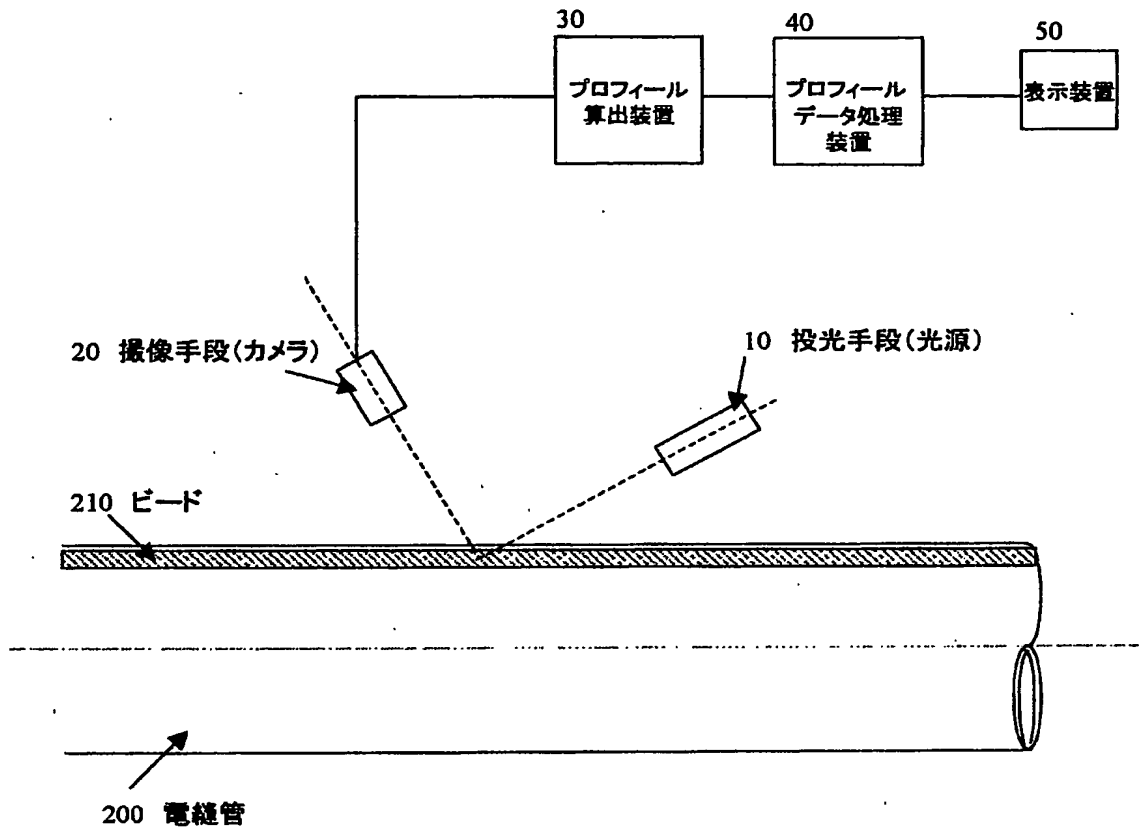
2 0 0 … 電縫管

2 1 0 … ビード

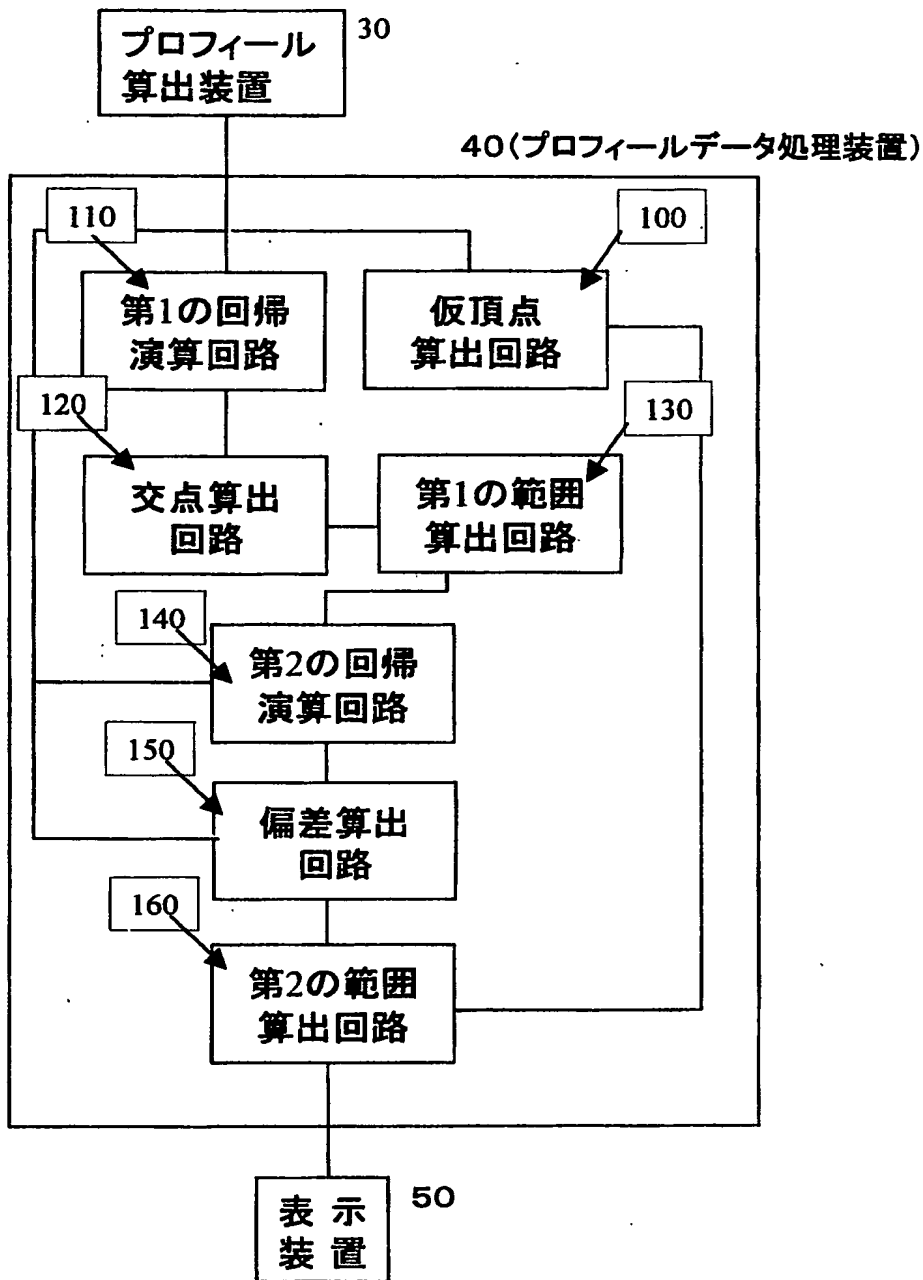
【書類名】

図面

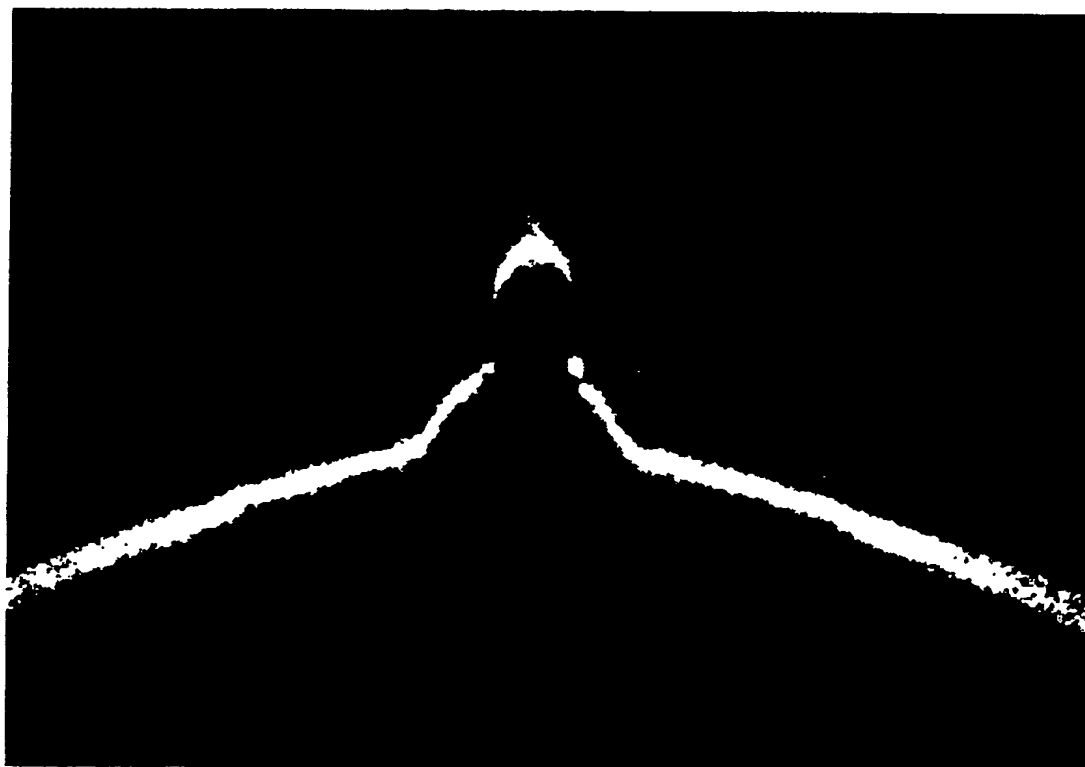
【図 1】



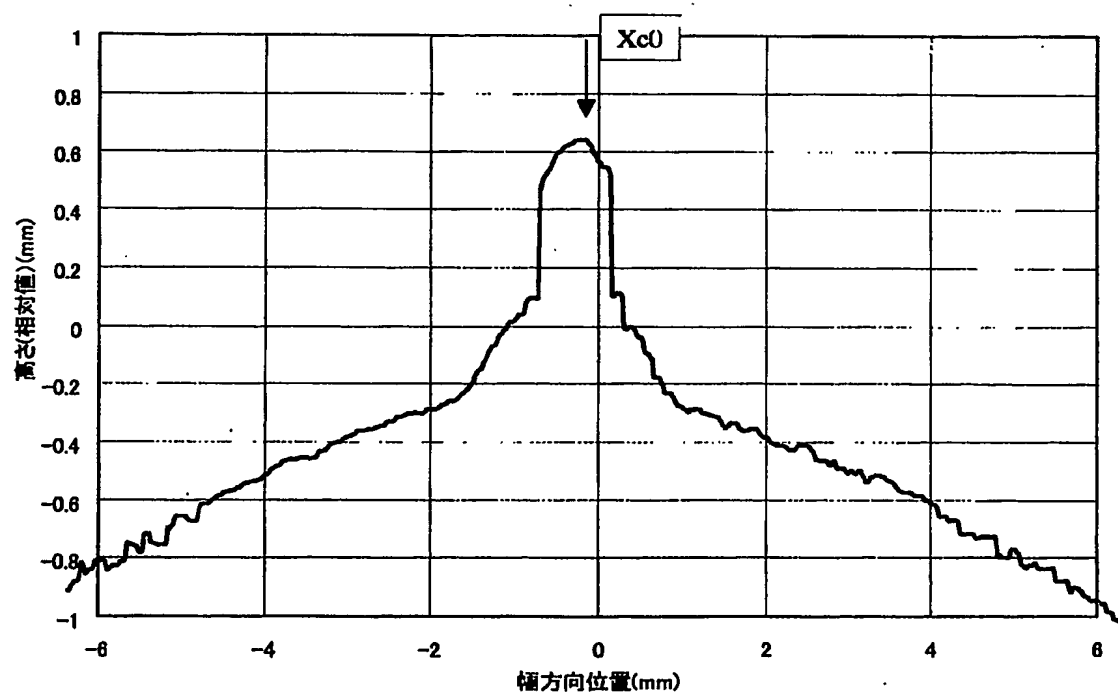
【図 2】



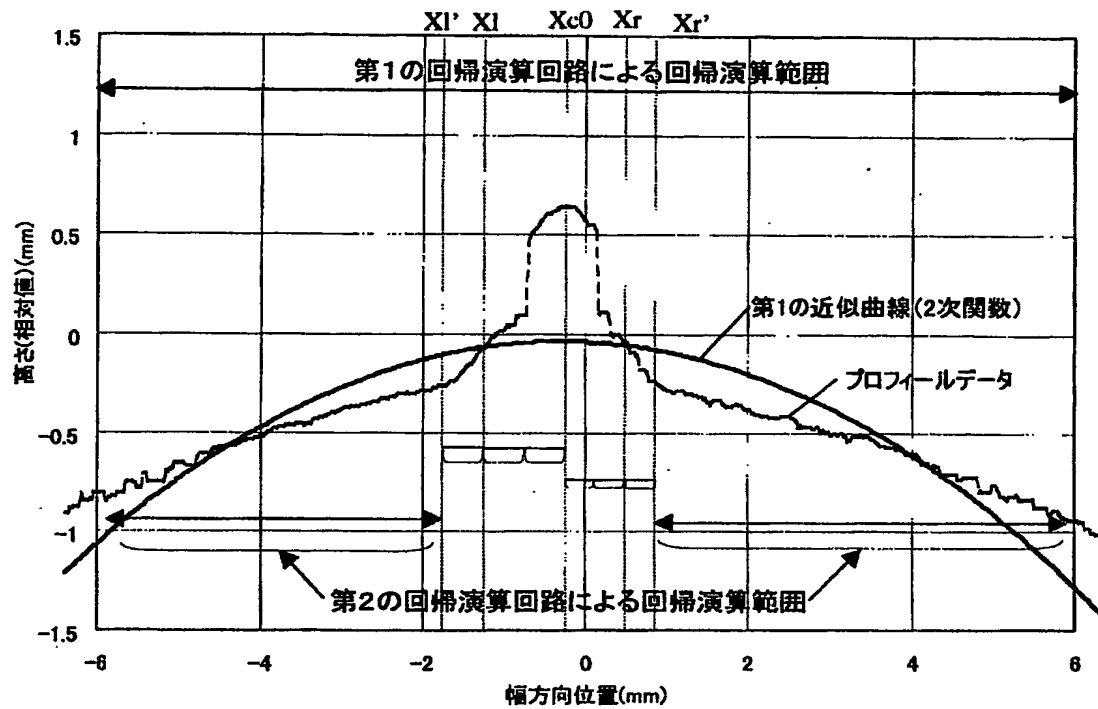
【図 3】



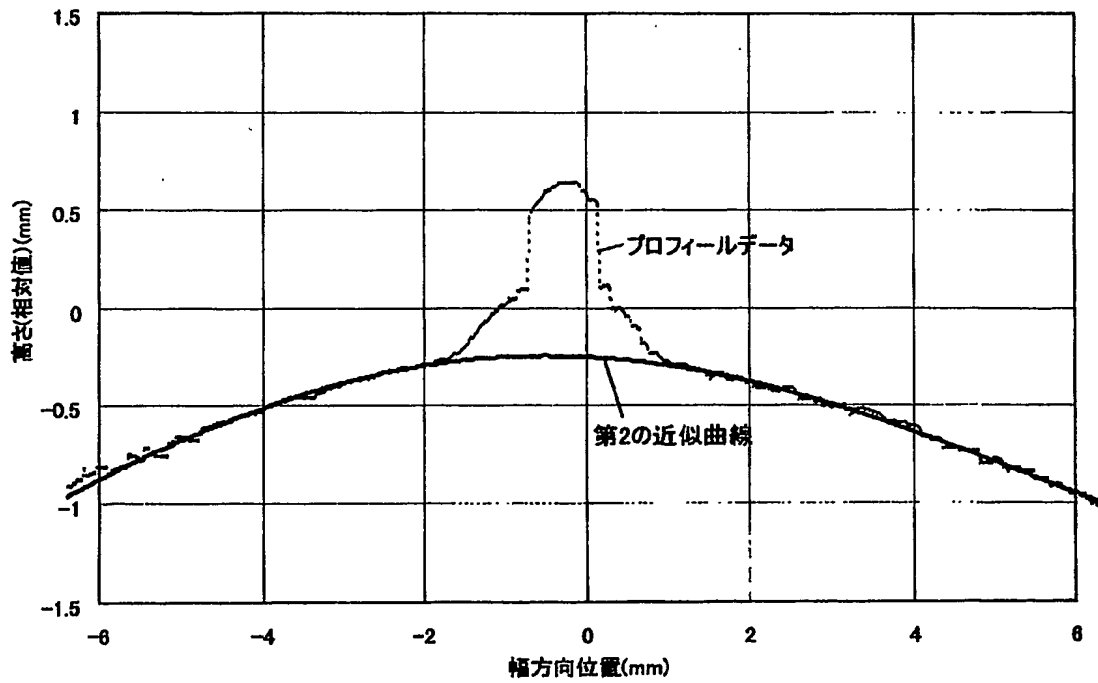
【図 4】



【図 5】

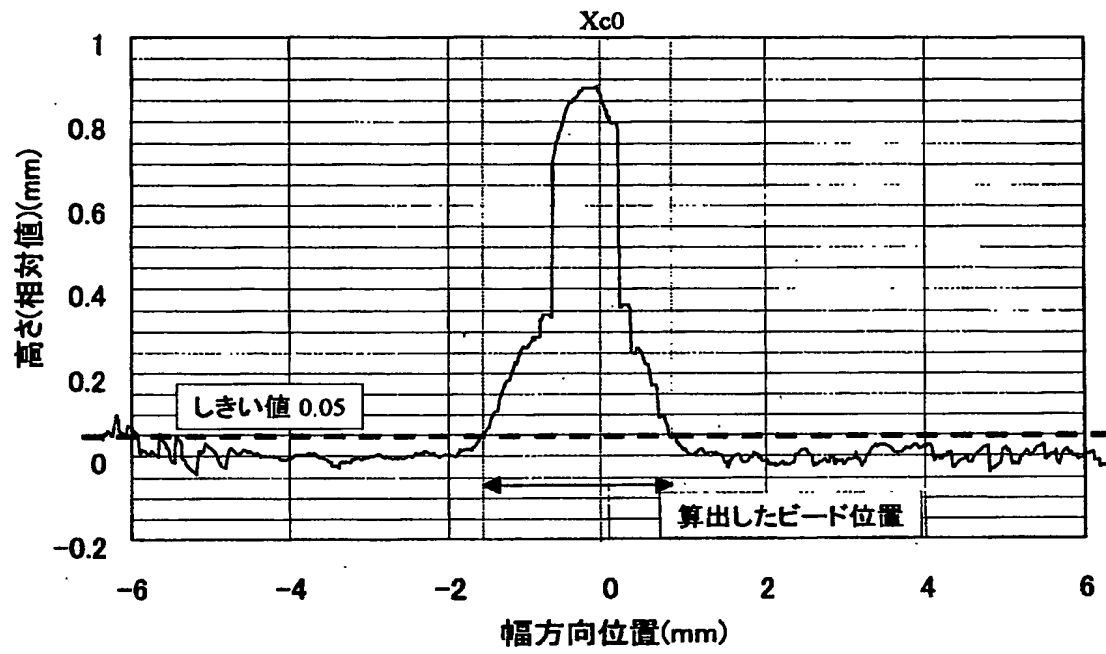


【図 6】

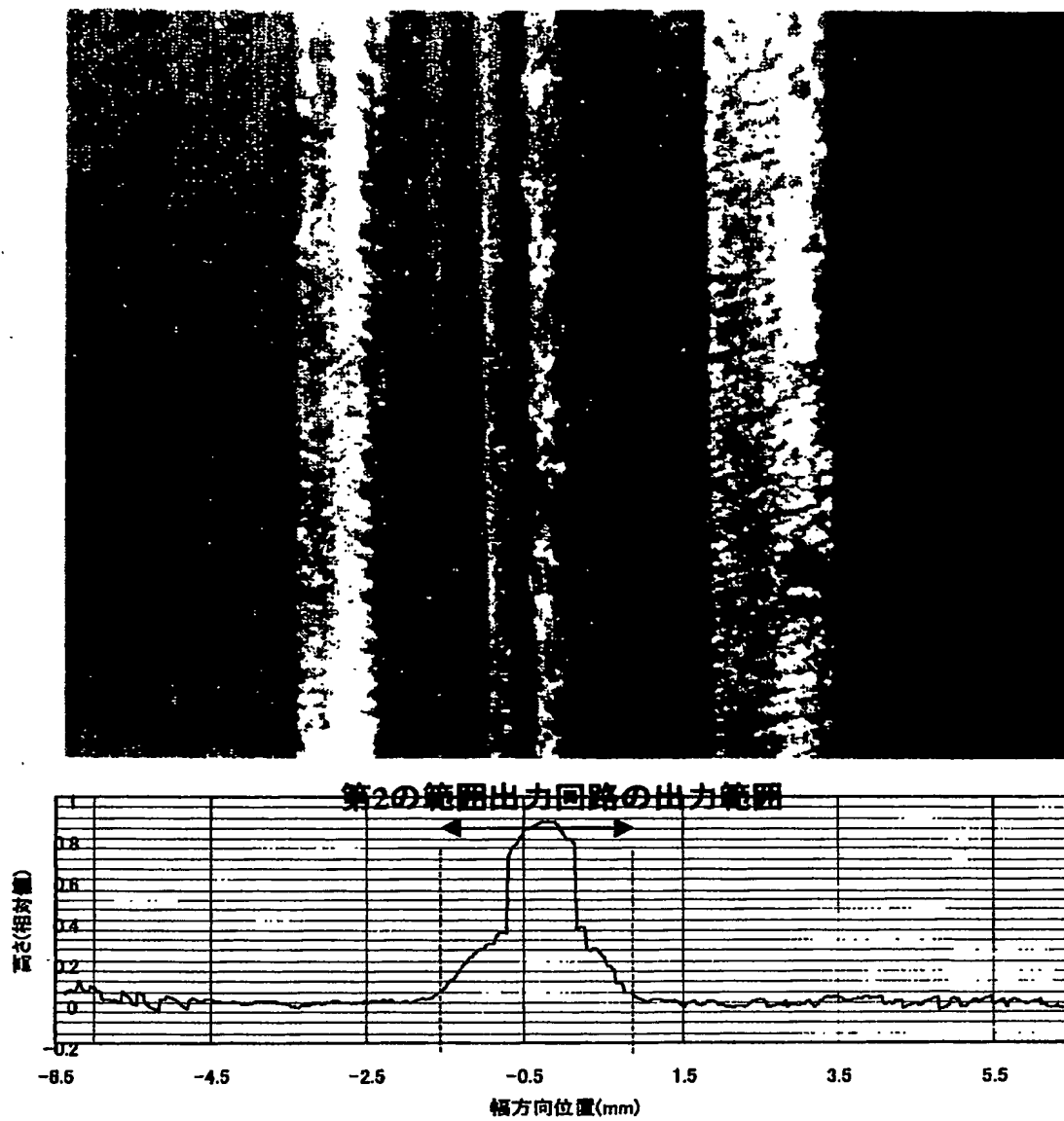




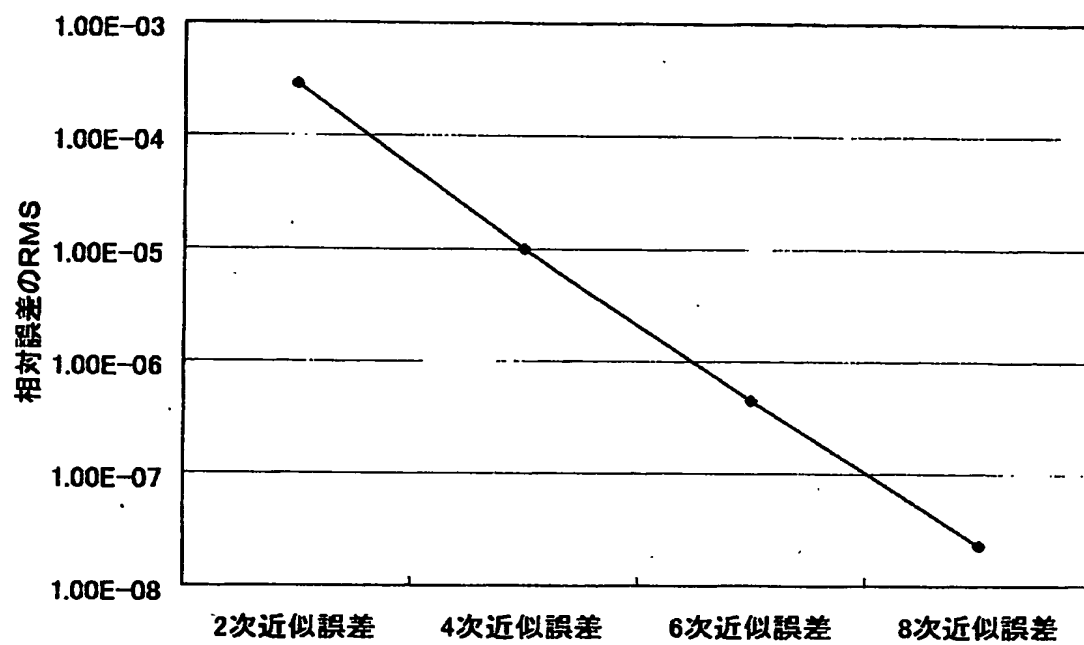
【図 7】



【図8】



【図 9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 光切断法による電縫管の形状データから、ビード形状を正確に検出する。

【解決手段】 電縫溶接管のプロフィールから所定の算出式により仮のビード頂点の座標を算出し、該電縫溶接管のプロフィールを2次関数で近似して第1の近似曲線と該電縫溶接管のプロフィールの前記仮のビード頂点を挟んだ2つの交点の座標を算出し、前記仮のビード頂点の座標と、前記仮のビード頂点を挟んだ2つの交点の座標とから所定の算出式によりビードの仮の存在範囲を算出し、前記電縫溶接管のプロフィールから前記ビードの仮の存在範囲を除いた素管部形状を2次以上の偶数次多項式で近似して第2の近似曲線を求め、前記電縫溶接管のプロフィールと前記第2の近似曲線の偏差が所定の閾値より大となる領域のうちで、前記仮のビード頂点の座標を含む領域をビードとして特定する。

【選択図】 図2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000001258]

1. 変更年月日 1990年 8月13日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 兵庫県神戸市中央区北本町通1丁目1番28号  
氏 名 川崎製鉄株式会社
2. 変更年月日 2003年 4月 1日  
[変更理由] 名称変更  
住 所 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号  
氏 名 JFEスチール株式会社

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**